Translation of JP 2713190-B (11)

CLAIMS

(57) [Claim(s)]
[Claim 1] The light source which carries out outgoing radiation of the light by which elliptically polarized light was carried out, and the polarizer which makes light from this light source the linearly polarized light, A means to rotate this polarizer to the circumference of an optical axis, and the optical frequency modulator which attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y to the light from said polarizer, The analyzer which makes the component of the predetermined polarization direction of the light by which outgoing radiation is carried out from this optical frequency modulator penetrate, The optical property measuring device which is equipped with the photodetector which detects the light which had this analyzer penetrated as quantity of electricity, and a means to detect the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with this photodetector, and to perform a predetermined operation, and is characterized by carrying out insertion arrangement of the sample in the preceding paragraph or the latter part of said optical frequency modulator.
[Claim 2] A means for the light source to consist of frequency stabilization laser which carries out outgoing radiation of the laser beam of the linearly polarized light, and a quarter-wave length plate which makes this laser beam by which outgoing radiation is carried out the circular polarization of light, for a polarizer and an analyzer to consist of Glan-Thompson prisms, for an optical frequency modulator to consist of optical frequency shifters, and for a photodetector to consist of photodiodes, and to detect a phase is the optical property measuring device of claim 1 which it comes to consist of a current potential converter, a phase meter, or a computer.
[Claim 3] The optical frequency modulator which attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y to the light of elliptically polarized light, The analyzer which makes the component of the predetermined polarization direction of the light by which outgoing radiation is carried out from this optical frequency modulator penetrate, The optical property measuring device characterized by having the photodetector which detects the light which had this analyzer penetrated as quantity of electricity, and a means to detect the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with this photodetector, and to perform a predetermined operation.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Industrial Application] This invention relates to the measuring device for measuring the optical property for performing optical properties, such as dichroism including the birefringence needed in case an optical disk substrate, the liquid crystal orientation film, etc. are inspected, optical activity, and circular dichroism, analysis of a elliptically-polarized-light (perfect circle polarization is included) condition, etc.
[0002]
[Description of the Prior Art] Generally minute birefringence measurement is measurement required for inspection of an optical disk substrate or the liquid crystal luminous-intensity-distribution film among the optical properties of an optical element. There are a phase modulation measuring method using the photoelasticity modulation element as such a minute birefringence measuring method and a heterodyne measuring method using horizontal ZEMAN laser. Here, an example of a measuring method which used horizontal ZEMAN laser is explained with reference to drawing 6 . The horizontal ZEMAN laser 101 carries out outgoing radiation of the two linearly polarized lights which intersected perpendicularly. Oscillation frequencies differ by the frequency to which these two linearly polarized lights are called beat frequency.
[0003] A part is reflected by this laser beam in a half mirror 102, incidence is carried out to a half-wave plate 103, by this half-wave plate 103, the polarization direction changes and incidence of the penetrated laser beam is carried out to a sample 104 on it. The laser beam which penetrated the sample 104 has a polarizer 105 passed, and is detected in a detector 106. Moreover, the laser beam reflected by said half mirror 102 is detected in the detector 107 for reference signs, after letting a polarizer 108 pass. And in a phase meter 109, the phase comparison of the signal detected in each detector 106,107 is carried out.
[0004] Here, the AC signal which consists of beat frequency is included in the signal detected with the detector 106, and the phase of this beat frequency shifts by the birefringence of a sample. Then, the phase of beat frequency is compared in a phase meter 109 to a reference sign, and the amount of birefringences of a sample can be calculated based on this phase contrast.
[0005] In this case, in order to measure the minute birefringence of a sample, it needed to measure changing incidence polarization bearing and sample side bearing, and rotating the sample itself until now was performed. However, since it is made difficult to rotate a sample as a sample is enlarged, rotating incidence polarization bearing came to be performed. As an approach of rotating this incidence polarization bearing, rotating a half-wave plate 102 to the circumference of an optical axis is performed with said measuring device. In this case, there is a half-wave plate 102, and when include-angle (theta) rotation is carried out, two times will carry out include-angle (2theta) rotation of the outgoing radiation polarization from a half-wave plate. Thus, rotating incidence polarization bearing to a sample side is performed by rotating a half-wave plate 102.
[0006]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, generally it sees and a half-wave plate has the problem that the phase precision is low. A half-wave plate brings about 180-degree phase contrast between polarization of phase leading shaft bearing, and polarization of lagging-axis bearing, and if this phase contrast is 180 degrees correctly, it can acquire the outgoing radiation linearly polarized light

turning around the incidence linearly polarized light. However, when it shifts from 180 degrees, outgoing radiation light turns into elliptically polarized light, and becomes unsuitable for the above mentioned measurement in this way at a case. Usually, the phase precision of a half-wave plate is about 1 degree, and an error produces it in the amount of birefringences measured by this phase precision. Especially the amount of birefringences of the optical disk substrate as a sample or the liquid crystal orientation film to measure is 1 degree or less in many cases, and measurement of a minute birefringence becomes impossible according to the phase error of such a half-wave plate.
[0007] Moreover, on the other hand, if the revolving shaft and optical axis of a half-wave plate are not correctly in agreement, the phase error by the half-wave plate becomes less fixed, and an error arises in the amount of birefringences measured by this cause. Furthermore, the oscillation light of horizontal ZEMAN laser shifts from the linearly polarized light, and may elliptically-polarized-light-ize. This elliptically-polarized-light-ization is not strongly influenced in the condition of laser oscillation tubing, and does not necessarily become fixed each time at the time of measurement at each time. This ovality serves as a measurement error and it becomes impossible to measure the amount of birefringences of a sample correctly.
[0008]
[Objects of the Invention] The purpose of this invention is to offer the measuring device which can measure optical properties, such as the minute amount of birefringences and minute dichroism of a sample, optical activity, and circular dichroism, correctly and with high precision. Moreover, other purposes of this invention are to offer the measuring device for measuring the optical property for analyzing a elliptically-polarized-light condition.
[0009]
[Means for Solving the Problem] The 1st measurement technique for measuring the above mentioned optical property in this invention Make into the linearly polarized light with a polarizer light by which elliptically polarized light was carried out, and incidence of this linearly polarized light is carried out to a sample and an optical frequency modulator. It is based on measuring the amount of birefringences of a sample based on the phase of the AC signal detected with the photodetector, a photodetector detecting the light by which outgoing radiation was carried out from these through an analyzer, and rotating said polarizer to the circumference of an optical axis.
[0010] Drawing 1 is drawing showing the basic configuration of the 1st measuring device of this invention, from the light source 1, carries out outgoing radiation of the light L by which elliptically polarized light was carried out, and makes light L of this elliptically polarized light the linearly polarized light with a polarizer 2. As for this polarizer 2, it is possible to make it rotate to the circumference of an optical axis with the rotation means 3. And incidence of the light from this polarizer 2 is carried out to a sample 4, and incidence of the light which penetrated the sample 4 further is carried out to the optical frequency modulator 5 which attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y. And an analyzer 6 is made to detect the component of the linearly polarized light of the predetermined direction of the light by which outgoing radiation is carried out from this optical frequency modulator 5, and a photodetector 7 detects by making into quantity of electricity light which had this analyzer 6 penetrated. The amount of birefringences of a sample is measured by detecting the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with said photodetector 7 in the phase meter 8, and performing a predetermined operation in an appropriate top.
[0011] On the other hand, in this invention, the 2nd measurement technique for analyzing the condition of elliptically polarized light is based on analyzing the condition of elliptically polarized light based on the phase of the AC signal which detected with the photodetector the light which was made to penetrate an optical frequency modulator and was penetrated in the light of elliptically polarized light through the analyzer, and was detected with this photodetector.
[0012] Drawing 2 shows the basic configuration of the 2nd measuring device of this invention. Namely, a photodetector 7 detects the light LX of the elliptically polarized light which is the measuring object-ed by making into quantity of electricity light which made the component of the linearly polarized light of the predetermined direction of the light by which incidence is carried out to the optical frequency modulator 5 which attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y to this light, and outgoing radiation is carried out from this optical frequency

modulator 5 penetrate with an analyzer 6, and had this analyzer 6 penetrated. And it becomes possible to analyze the condition of elliptically polarized light by detecting the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with the photodetector 7 of a phase meter 8 smell lever, and performing a predetermined operation.

[0013]

[Function] The example which measures the amount of birefringences of a sample using the 1st measuring device shown in drawing 1 is explained. Elliptically polarized light penetrates a polarizer 2 and let it be the linearly polarized light the circular polarization of light from the light source 1 or the light of elliptically polarized light, and here. This linearly polarized light is shown by (several 1) when Jones PEKUTORU is used.

[0014]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

Here, Ax and Ay are the amounts of the real number decided by elliptically polarized light by which incidence is carried out.

[0015] Incidence of this linearly polarized light is carried out to a sample 4 and the optical frequency modulator 5 one by one. As shown in (several 2), if the amount of birefringences of a sample 4 is set to delta, the optical Jones vector of the linearly polarized light by which incidence was carried out to the sample 4 will be calculated.

[Equation 2]

$$\begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

[0016] Then, incidence is carried out to the optical frequency modulator 5, and a beat frequency omega difference is attached between polarization of the direction of X of the linearly polarized light, and the direction of Y. If phase contrast by the optical frequency modulator 5 at this time is set to omegat, it will be calculated as shown in (several 3).

[Equation 3]

$$\begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

[0017] Then, the analyzer 6 adjusted in the direction of 45 degree is passed. The change by this is calculated as shown in (several 4).

[Equation 4]

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

Therefore, the amount of transmitted lights detected in a photodetector 7 is expressed with (several 5).

[0018]

[Equation 5]

$$-AxAy \cdot \cos(\delta+\omega t) + \frac{Ax^2}{2} + \frac{Ay^2}{2}$$

[0019] From now on, it will turn out that the amount of transmitted lights has the AC signal of a frequency omega. Moreover, the amount delta of birefringences of a sample 4 can be measured by measuring the phase contrast of this AC signal in a phase meter 8.

[0020] Moreover, the 2nd measuring device shown in drawing 2 explains the 2nd measuring method. Since the sample does not exist, the above mentioned amount delta of birefringences is set to 0, and the amount of transmitted lights is decided by the component of the elliptically polarized light by

which incidence is carried out. From this, if time amount change of the transmitted light is measured, Ax and Ay can be determined. Therefore, it becomes possible to determine the condition of the elliptically polarized light of arbitration. However, it is necessary to take the phase contrast of Ax and Ay into consideration in this case.
[0021] That is, the elliptically polarized light made applicable to analysis is written as shown in (several 6).
[Equation 6]

$$\begin{pmatrix} \tan\phi \cdot e^{i\Delta} \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0022] Here, if phi and delta are determined, a elliptically-polarized-light condition can be analyzed. Then, count of being the same as that of the case of the 1st measuring method (several 7) is performed.
[Equation 7]

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tan\phi \cdot e^{i\Delta} \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0023] Consequently, the amount of transmitted lights is calculated as shown in (several 8).
[Equation 8]

$$\frac{\sin 3\phi + \sin\phi}{2\cos\phi\,(1-\cos 2\phi)}\cos(\omega t+\Delta) = \frac{1}{1+\cos 2\phi}$$

[0024] From this, delta can be determined by measuring the phase contrast of the AC signal of the amount of transmitted lights. Moreover, phi can be determined by measuring the ratio of an AC signal and a direct current signal. Therefore, it becomes analyzable [a elliptically-polarized-light condition].
[0025]
[Example] Next, the example of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 3 is drawing showing the example of the 1st measuring method and a measuring device. In this configuration, the frequency stabilization HeNe laser 11 (Japanese science engineering company make, MODEL-430) with an oscillation wavelength of 633nm was used as the light source 1. Laser oscillation light is the linearly polarized light. The phase leading shaft of the quarter-wave length plate 12 which consists of a quartz plate has been arranged so that the location of 45 degrees may be made to linearly polarized light bearing of laser oscillation light. The outgoing radiation light from the quarter-wave length plate 12 turns into the circular polarization of light. Incidence of this outgoing radiation light is carried out to Glan-Thompson prism 2 which is a polarizer. This Glan-Thompson prism can make it rotate with the stepping motor 3 which is a rotation means.
[0026] What carried out rubbing of the rubbing orientation film (the Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. make, AL1051), i.e., the polyimide thin film which formed membranes on the glass substrate, with the rayon cloth as a sample 4 which is a device under test was used. This sample 4 is attached for example, in a sample stage, and incidence of the laser beam is carried out. Furthermore, the optical frequency shifter 5 (the product made from Hoya-SCHOTT, W-210) controlled by the controller 13 as an optical frequency modulator was used. 50kHz was chosen as beat frequency.
[0027] Incidence of the outgoing radiation light from the optical frequency shifter 5 was carried out to Glan-Thompson prism 6 which is an analyzer, and incidence of the outgoing radiation light from it was carried out to the silicon photodiode 7 which is a photodetector. After letting the photocurrent of a photodiode 7 pass to the current potential converter 14 (case lei company make, 428 molds) and changing into an electrical potential difference, the reference sign of a phase meter 8 inputted into the phase meter 8 (the product made from DORANETTSU, 305C) was supplied from the controller 13 of the optical frequency shifter 5. The analog output of a phase meter 8 was inputted into the voltmeter 15 (case lei 2001 mold).
[0028] Concrete measurement measured the output of a voltmeter 15, rotating Glan-Thompson prism 2 with a stepping motor 3, before inserting a sample 4. Then, the sample 4 was inserted and same

measurement was performed. And the difference of two measurement results was searched for. A result is shown in drawing 4 . Thus, the result which shows change with the period of two times to one revolution of Glan-Thompson prism 2 as a polarizer was obtained. The amplitude of this two-times period is about 0.4 degrees. From now on, it turned out that the amount of birefringences of the measured rubbing orientation film is 0.4nm.

[0029] Moreover, since the degree of polarization of the polarizer which consists of Glan-Thompson prisms 2 is very high according to this example, the error by phase precision [as / in a half-wave plate] being low does not occur. Furthermore, since it is not necessary to give a modulation function to the light source 1 which outputs a laser beam, the measurement stabilized without being based on the polarization condition of a laser light source is attained.

[0030] In addition, although incidence of the light from a polarizer 2 is previously carried out to a sample 4 in said example and then incidence is carried out to the optical frequency modulator 5, incidence is previously carried out to this reverse at the optical frequency modulator 5, and incidence may be made to be carried out to a sample 4 behind.

[0031] It is using the 2nd measuring device of above mentioned this invention, and adding a polarizer 2 to this like the 1st measuring device, and drawing 5 is drawing showing the example which enabled measurement of the amount of birefringences of a sample 4 while it analyzes a elliptically-polarized-light condition. The light from the frequency stabilization HeNe laser 11 (Japanese science engineering company make, MODEL-430) with an oscillation wavelength of 633nm passes the quarter-wave length plate 12, is made into elliptically polarized light, passes Glan-Thompson prism 2 which is a polarizer on it, and is taken as the linearly polarized light.

[0032] Then, the front face of a sample 4 is made to carry out incidence of the laser beam at 70 degrees of incident angles. Incidence polarization bearing at this time is adjusted so that it may become the include angle of 45 degrees from the plane of incidence of a sample 4. The reflected light from a sample side passes the optical frequency shifter (the product made from Hoya-SCHOTT, S-210) 5 as an optical frequency modulator. As a sample 4, the thin silicon oxide which formed membranes on the surface of the silicon wafer is used. After the reflected light of a sample passes Glan-Thompson prism 6 which is an analyzer, incidence of it is carried out to the silicon photodiode 7 as a photodetector.

[0033] Furthermore, the photocurrent detected with the silicon photodiode 7 is changed into an electrical potential difference by the current potential converter (case lei company make, 428 molds). This voltage waveform is recorded with a storage oscilloscope 16. It analyzes by inputting this recorded voltage waveform into a personal computer 17.

[0034] Consequently, as shown in (several 8), a voltage waveform consists of a dc component and an alternating current component, and can determine delta as 270 degrees by reading the phase contrast of the alternating current component before and behind sample insertion. Furthermore, phi can be determined as 74 degrees by asking for the amplitude of an alternating current signal component, and the ratio of a direct current signal component. And according to count of the usual ellipsometry, the thickness of silicon oxide has been determined as 150nm from this phi and delta.

[0035]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the 1st measuring device of this invention, light by which elliptically polarized light was carried out is made into the linearly polarized light with a polarizer. A photodetector detects the light by which was made to carry out incidence of this to a sample and an optical frequency modulator, and outgoing radiation was carried out from these through an analyzer. And optical properties including the birefringence of a sample can be measured by measuring the amount of birefringences of a sample based on the phase of the AC signal detected with the photodetector, rotating a polarizer. A half-wave plate becomes unnecessary by this, and the error of the amount of birefringences to measure can be reduced.

[0036] As opposed to the light source which carries out outgoing radiation of the light to which elliptically polarized light of the 1st measuring device of this invention was carried out Moreover, a polarizer pivotable to the circumference of an optical axis, The optical frequency modulator which attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y to the light from a polarizer, The analyzer which makes the component of the predetermined polarization direction of the light by which outgoing radiation is carried out from this optical frequency

modulator penetrate, By having the photodetector which detects the light which had this analyzer penetrated as quantity of electricity, and a means to detect the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with this photodetector, and to perform a predetermined operation Optical properties including the amount of birefringences of the sample which carried out insertion arrangement can be measured with high precision in the preceding paragraph or the latter part of an optical frequency modulator.

[0037] Here, with constituting from frequency stabilization laser which carries out outgoing radiation of the laser beam of the linearly polarized light for the light source, and a quarter-wave length plate which makes this laser beam by which outgoing radiation is carried out the circular polarization of light, the stable elliptically polarized light can be outputted and the accuracy of measurement can be raised. Moreover, high polarization of degree of polarization can be acquired with constituting a polarizer from a Glan-Thompson prism, and the measurement error by phase precision like a half-wave plate does not occur.

[0038] According to the 2nd measuring device of this invention, the condition of elliptically polarized light is analyzable by a photodetector detecting the light which was made to penetrate an optical frequency modulator and was penetrated in the light of elliptically polarized light through an analyzer, and detecting ****** of an AC signal with this photodetector.

[0039] Moreover, the optical frequency modulator with which the 2nd measuring device of this invention attaches the difference of beat frequency between polarization of the direction of X, and the direction of Y to the light of elliptically polarized light, The analyzer which makes the component of the predetermined polarization direction of the light by which outgoing radiation is carried out from this optical frequency modulator penetrate, It can do [analyzing the condition of elliptically polarized light, or] by having the photodetector which detects the light which had this analyzer penetrated as quantity of electricity, and a means to detect the phase of the AC signal of quantity of electricity detected with this photodetector, and to perform a predetermined operation. Moreover, it is also possible to perform the 1st measuring method by adding a polarizer.

[Translation done.]

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] It is drawing showing the basic configuration of the 1st measuring method of this invention, and a measuring device.
[Drawing 2] It is drawing showing the basic configuration of the 2nd measuring method of this invention, and a measuring device.
[Drawing 3] It is drawing showing the configuration of one example of the 1st measuring device of this invention.
[Drawing 4] It is drawing showing an example of the measurement result by the 1st measuring method of this invention.
[Drawing 5] It is drawing showing the configuration which applies the 2nd measuring device of this invention and performs the 1st measuring method and 2nd measuring method.
[Drawing 6] It is drawing showing the configuration of an example of the conventional double tropism measuring device.
[Description of Notations]
1 Light Source
2 Polarizer
3 Rotation Means
4 Sample
5 Optical Frequency Modulator
6 Analyzer
7 Photodetector
8 Phase Meter
11 Frequency Stabilization HeNe Laser
12 Quarter-wave Length Plate
13 Controller
14 Current Potential Converter
15 Voltmeter
16 Storage Oscilloscope
17 Personal Computer

[Translation done.]

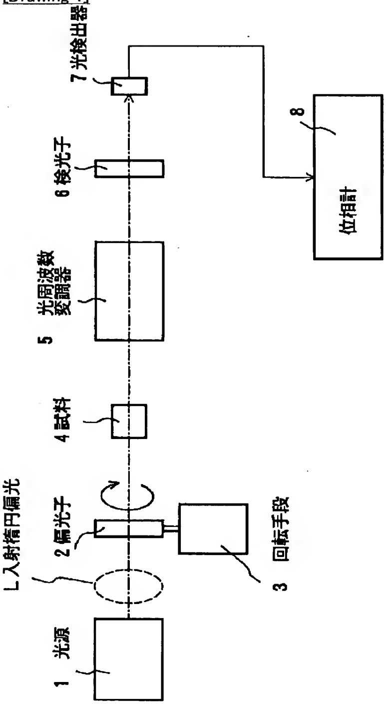
* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

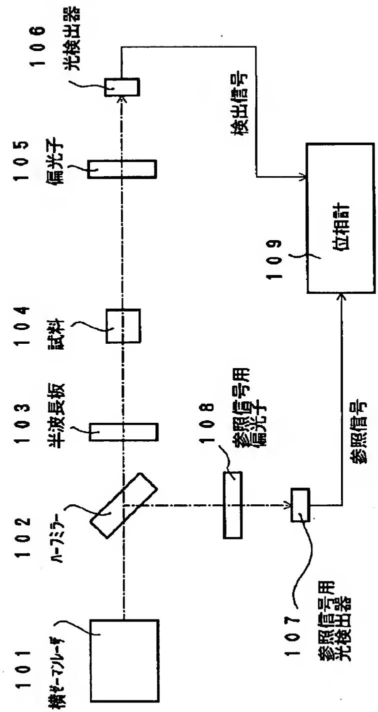
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

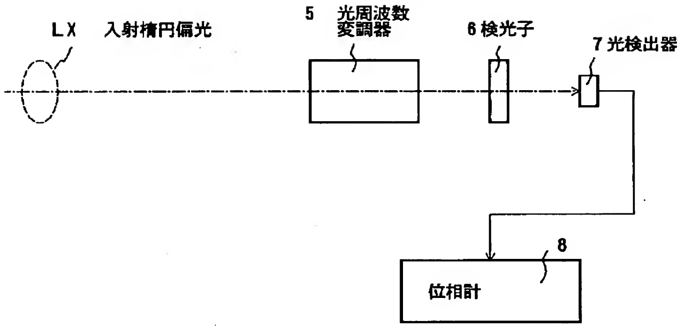


[Drawing 6]

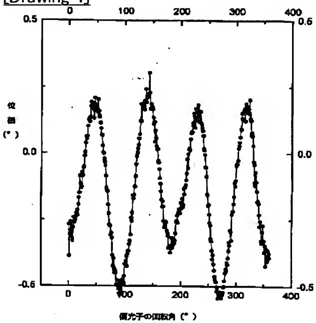


101 横ゼーマンレーザ
102 ハーフミラー
103 半波長板
104 試料
105 偏光子
106 光検出器
107 参照信号用光検出器
108 参照信号用偏光子
109 位相計
検出信号
参照信号

[Drawing 2]

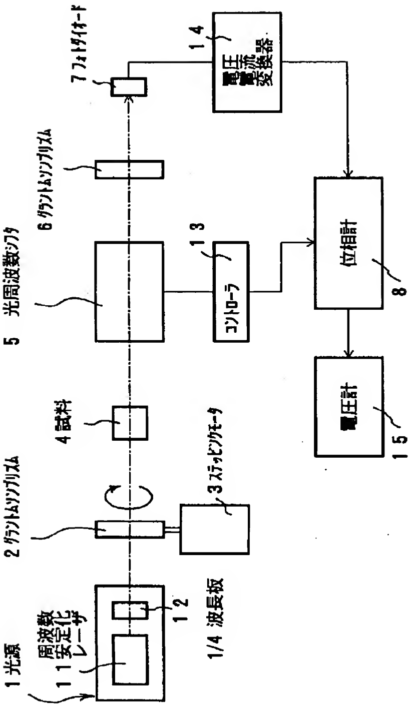


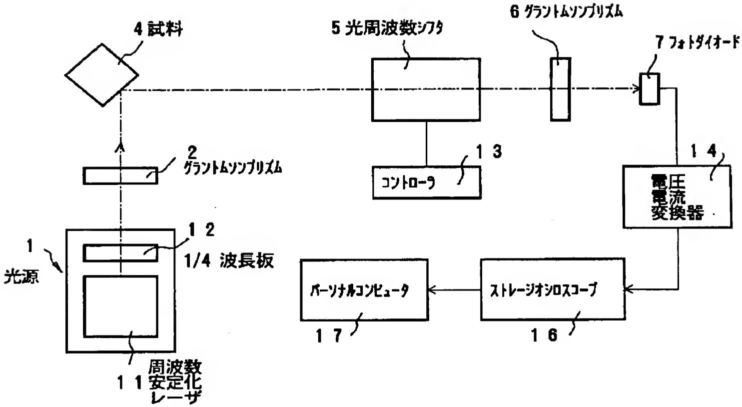
[Drawing 4]



[Drawing 3]

[Drawing 5]


1 光源
11 周波数安定化レーザ
12 1/4 波長板
2 グラントムソンプリズム
3 ステッピングモータ
4 試料
5 光周波数シフタ
13 コントローラ
6 グラントムソンプリズム
7 フォトダイオード
14 電圧電流変換器
8 位相計
15 電圧計



[Translation done.]

(11)

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 特　許　公　報（Ｂ２）　(11)特許番号
第2713190号
(45)発行日　平成10年(1998) 2月16日　(24)登録日　平成9年(1997)10月31日

(51)Int.Cl.6	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ	技術表示箇所
Ｇ０１Ｎ　21/23			Ｇ０１Ｎ　21/23	

請求項の数３（全　９　頁）

(21)出願番号　特願平6－290425
(22)出願日　平成6年(1994)10月31日
(65)公開番号　特開平8－128946
(43)公開日　平成8年(1996) 5月21日

(73)特許権者　000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(72)発明者　住吉　研
東京都港区芝五丁目7番1号　日本電気株式会社内
(74)代理人　弁理士　鈴木　章夫

審査官　樋口　宗彦

(56)参考文献　特開　平2－83428（ＪＰ，Ａ）
特開　昭47－20105（ＪＰ，Ａ）
特開　平4－38445（ＪＰ，Ａ）
特開　平5－172644（ＪＰ，Ａ）
特公　平4－70582（ＪＰ，Ｂ２）

(54)【発明の名称】　光学特性測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】　楕円偏光された光を出射する光源と、この光源からの光を直線偏光とする偏光子と、この偏光子を光軸回りに回転させる手段と、前記偏光子からの光に対してＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器と、この光周波数変調器から出射される光の所定偏光方向の成分を透過させる検光子と、この検光子を透過された光を電気量として検出する光検出器と、この光検出器で検出された電気量の交流信号の位相を検出して所定の演算を行う手段とを備え、前記光周波数変調器の前段或いは後段に試料を介挿配置することを特徴とする光学特性測定装置。

【請求項２】　光源は直線偏光のレーザ光を出射する周波数安定化レーザと、この出射されるレーザ光を円偏光とする１／４波長板とで構成され、偏光子と検光子はグ

ラントムソンプリズムで構成され、光周波数変調器は光周波数シフタで構成され、光検出器はフォトダイオードで構成され、位相を検出する手段は電流電圧変換器と位相計或いはコンピュータで構成されてなる請求項１の光学特性測定装置。

【請求項３】　楕円偏光の光に対してＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器と、この光周波数変調器から出射される光の所定偏光方向の成分を透過させる検光子と、この検光子を透過された光を電気量として検出する光検出器と、この光検出器で検出された電気量の交流信号の位相を検出して所定の演算を行う手段とを備えることを特徴とする光学特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は光ディスク基板や液晶配向膜等を検査する際に必要とされる複屈折を始めとして、二色性、旋光性、円二色性等の光学特性や、楕円偏光（真円偏光を含む）状態の解析等を行うための光学特性を測定するための測定装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】一般に光学要素の光学特性のうち、例えば微小な複屈折測定は光ディスク基板や液晶配光膜の検査に必要な測定である。このような微小な複屈折測定方法として、光弾性変調素子を用いた位相変調測定方法や、横ゼーマンレーザを用いたヘテロダイン測定方法がある。ここでは横ゼーマンレーザを用いた測定方法の一例を図６を参照して説明する。横ゼーマンレーザ１０１は、直交した２つの直線偏光を出射する。この２つの直線偏光はビート周波数と呼ばれる周波数分だけ発振周波数が異なっている。

【０００３】このレーザ光はハーフミラー１０２において一部が反射され、透過されたレーザ光は半波長板１０３に入射され、この半波長板１０３によって偏光方向が変化され、その上で試料１０４に入射される。試料１０４を透過したレーザ光は、偏光子１０５を通過され、検出器１０６において検出される。また、前記ハーフミラー１０２で反射されたレーザ光は偏光子１０８を通された上で参照信号用検出器１０７において検出される。そして、各検出器１０６，１０７において検出された信号は位相計１０９において位相比較される。

【０００４】ここで、検出器１０６で検出された信号にはビート周波数からなる交流信号が含まれており、試料の複屈折によってこのビート周波数の位相がずれる。そこで、ビート周波数の位相を参照信号に対して位相計１０９において比較し、この位相差に基づいて試料の複屈折量を求めることができる。

【０００５】この場合、試料の微小な複屈折を測定するためには、入射偏光方位と試料面方位を変えながら測定する必要があり、これまでは試料自身を回転させることが行われていた。ところが、試料が大型化するに従い試料を回転することが困難とされるため、入射偏光方位を回転させることが行われるようになった。この入射偏光方位を回転させる方法として、前記測定装置では半波長板１０２を光軸回りに回転させることが行われている。この場合、半波長板１０２はある角度（θ）回転させると、半波長板からの出射偏光は二倍の角度（２θ）回転することになる。このように、半波長板１０２を回転させることにより、試料面への入射偏光方位を回転させることが行われている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一般的にみて、半波長板はその位相精度が低いという問題がある。半波長板は進相軸方位の偏光と、遅相軸方位の偏光との間に１８０°の位相差をもたらすものであり、この位相差が正確に１８０°であるならば、入射直線偏光を回転した出射直線偏光を得ることができる。ところが、１８０°からずれた場合には出射光は楕円偏光となってしまい、このように場合には前記した測定には不向きとなる。通常、半波長板の位相精度は１°程度であり、この位相精度によって測定される複屈折量に誤差が生じる。特に、測定する試料としての光ディスク基板や液晶配向膜の複屈折量は１°以下である場合が多く、このような半波長板の位相誤差によって微小な複屈折の測定ができなくなることがある。

【０００７】また、一方では、半波長板の回転軸と光軸が正確に一致していなければ、半波長板による位相誤差が一定でなくなり、この原因によっても測定される複屈折量に誤差が生じる。更に、横ゼーマンレーザの発振光が直線偏光からずれ、楕円偏光化することもある。この楕円偏光化はレーザ発振管の状態に強く左右されるものであり、毎回毎回の測定時に一定になるとは限らない。この楕円率が測定誤差となり、正確に試料の複屈折量を測定することができなくなる。

【０００８】

【発明の目的】本発明の目的は、試料の微小な複屈折量や二色性、旋光性、円二色性等の光学特性を正確にしかも高精度に測定することが可能な測定装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、楕円偏光状態の解析を行うための光特性を測定するための測定装置を提供することにある。

【０００９】

【課題を解決するための手段】本発明において、前記した光学特性を測定するための第１の測定技術は、楕円偏光された光を偏光子によって直線偏光とし、この直線偏光を試料および光周波数変調器に入射させ、これらから出射された光を検光子を通して光検出器にて検出し、前記偏光子を光軸回りに回転させながら光検出器にて検出された交流信号の位相に基づいて試料の複屈折量を測定することに基づく。

【００１０】図１は本発明の第１の測定装置の基本構成を示す図であり、光源１からは楕円偏光された光Ｌを出射し、この楕円偏光の光Ｌを偏光子２によって直線偏光とする。この偏光子２は回転手段３によって光軸回りに回転させることが可能である。そして、この偏光子２からの光を試料４に入射させ、さらに試料４を透過した光をＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器５に入射させる。そして、この光周波数変調器５から出射される光の所定方向の直線偏光の成分を検光子６により検出させ、この検光子６を透過された光を電気量として光検出器７により検出する。しかる上で、位相計８において前記光検出器７で検出された電気量の交流信号の位相を検出し、所定の演算を行うことで試料の複屈折量を測定する。

【００１１】一方、本発明において、楕円偏光の状態を

解析するための第２の測定技術は、楕円偏光の光を光周波数変調器を透過させ、透過された光を検光子を通して光検出器にて検出し、この光検出器にて検出された交流信号の位相に基づいて楕円偏光の状態を解析することに基づく。

【００１２】図２は本発明の第２の測定装置の基本構成を示している。即ち、被測定対象である楕円偏光の光ＬＸは、この光に対してＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器５に入射され、この光周波数変調器５から出射される光の所定方向の直線偏光の成分を検光子６によって透過させ、この検光子６を透過された光を電気量として光検出器７により検出する。そして、位相計８においてこの光検出器７で検出された電気量の交流信号の位相を検出して所定の演算を行うことで、楕円偏光の状態を解析することが可能となる。

【００１３】

【作用】図１に示した第１の測定装置を用いて試料の複屈折量を測定する例を説明する。光源１からの円偏光または楕円偏光の光、ここでは楕円偏光は偏光子２を透過して直線偏光とされる。この直線偏光は、ジョーンズベクトルを用いると、（数１）で示される。

【００１４】

【数１】

$$\begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

＊ここで、Ａｘ，Ａｙは、入射される楕円偏光によって決まる実数の量である。

【００１５】この直線偏光は、試料４および光周波数変調器５に順次入射される。試料４の複屈折量をδとすると、試料４に入射された直線偏光の光ジョーンズベクトルは（数２）のように計算される。

【数２】

$$\begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

【００１６】この後、光周波数変調器５に入射され、直線偏光のＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数ω差が付けられる。このときの光周波数変調器５による位相差をωｔとすると、（数３）のように計算される。

【数３】

$$\begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

【００１７】その後、４５°方向に調整された検光子６を通過する。これによる変化は（数４）のように計算される。

【数４】

＊

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\delta) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Ax \\ Ay \end{pmatrix}$$

したがって、光検出器７において検出される透過光量は（数５）で現される。

【００１８】

【数５】

$$-AxAy\cdot\cos(\delta+\omega t)+\frac{Ax^2}{2}+\frac{Ay^2}{2}$$

【００１９】これから、透過光量は周波数ωの交流信号をもつことが判る。また、この交流信号の位相差を位相計８において測定することにより、試料４の複屈折量δを測定することができる。

【００２０】また、図２に示した第２の測定装置により第２の測定方法を説明する。試料が存在していないため、前記した複屈折量δは０となり、透過光量は入射される楕円偏光の成分によって決まる。これより、透過光の時間変化を測定すれば、Ａｘ，Ａｙが決定できる。したがって、任意の楕円偏光の状態を決定することが可能となる。ただし、この場合ＡｘとＡｙの位相差を考慮する必要がある。

【００２１】即ち、解析対象とする楕円偏光を（数６）のように表記する。

【数６】

$$\begin{pmatrix} \tan\phi\cdot e^{i\Delta} \\ 1 \end{pmatrix}$$

【００２２】ここで、φとΔが決定されれば、楕円偏光状態が解析できることになる。そこで、第１の測定方法の場合と同様に（数７）の計算を行う。

【数７】

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \exp(i\omega t) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tan\phi \cdot e^{i\Delta} \\ 1 \end{pmatrix}$$

【００２３】この結果、透過光量は（数８）のように求められる。

＊【数８】

$$\frac{\sin 3\phi+\sin\phi}{2\cos\phi(1-\cos 2\phi)}\cos(\omega t+\Delta)=\frac{1}{1+\cos 2\phi}$$

【００２４】これより、透過光量の交流信号の位相差を測定することにより、Δが決定できる。また、交流信号と直流信号の比を測定することでφを決定することができる。したがって、楕円偏光状態の解析が可能となる。

【００２５】

【実施例】次に、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図３は第１の測定方法及び測定装置の具体例を示す図である。この構成においては、光源１として発振波長６３３ｎｍの周波数安定化ＨｅＮｅレーザ１１（日本科学エンジニアリング社製，ＭＯＤＥＬ－４３０）を用いた。レーザ発振光は直線偏光である。水晶板からなる１／４波長板１２の進相軸をレーザ発振光の直線偏光方位に対して４５°の位置をなすように配置した。１／４波長板１２からの出射光は円偏光となる。この出射光を偏光子であるグラントムソンプリズム２に入射させる。このグラントムソンプリズムは回転手段であるステッピングモータ３によって回転させることができる。

【００２６】被測定物である試料４として、ラビング配向膜、すなわちガラス基板上に成膜したポリイミド薄膜（日本合成ゴム社製，ＡＬ１０５１）をレーヨン布でラビングしたものを用いた。この試料４を例えば試料ステージに取り付けて、レーザ光を入射させる。更に、光周波数変調器としてコントローラ１３により制御される光周波数シフタ５（ＨＯＹＡ－ＳＣＨＯＴＴ社製，Ｗ－２１０）を用いた。ビート周波数として５０ＫＨｚを選んだ。

【００２７】光周波数シフタ５からの出射光を検光子であるグラントムソンプリズム６に入射させ、それからの出射光を光検出器であるシリコンフォトダイオード７に入射させた。フォトダイオード７の光電流は、電流電圧変換器１４（ケースレイ社製，４２８型）に通して電圧に変換した後、位相計８（ドラネッツ社製，３０５Ｃ）に入力した、位相計８の参照信号は、光周波数シフタ５のコントローラ１３から供給した。位相計８のアナログ出力を電圧計１５（ケースレイ　２００１型）に入力した。

【００２８】具体的な測定は、試料４を挿入前にグラントムソンプリズム２をステッピングモータ３により回転させながら電圧計１５の出力を測定した。この後、試料４を挿入し、同様の測定を行った。そして、２つの測定結果の差を求めた。結果を図４に示す。このように、偏光子としてのグラントムソンプリズム２の一回転に対して二倍の周期での変化を示す結果が得られた。この二倍周期の振幅は０．４°程度である。これから、測定したラビング配向膜の複屈折量は０．４ｎｍであることが判った。

【００２９】また、この実施例によれば、グラントムソンプリズム２で構成される偏光子の偏光度は非常に高いため、半波長板におけるような位相精度が低いことによる誤差が発生することはない。更に、レーザ光を出力する光源１に変調機能をもたせる必要がないため、レーザ光源の偏光状態によらずに安定した測定が可能となる。

【００３０】なお、前記実施例では偏光子２からの光が先に試料４に入射され、次に光周波数変調器５に入射されているが、この逆に、先に光周波数変調器５に入射され、後に試料４に入射されるようにしてもよい。

【００３１】図５は前記した本発明の第２の測定装置を利用し、これに第１の測定装置と同様に偏光子２を付加することで、楕円偏光状態の解析を行うと共に、試料４の複屈折量の測定を可能にした実施例を示す図である。発振波長６３３ｎｍの周波数安定化ＨｅＮｅレーザ１１（日本科学エンジニアリング社製，ＭＯＤＥＬ－４３０）からの光は、１／４波長板１２を通過して楕円偏光とされ、その上で偏光子であるグラントムソンプリズム２を通過させ直線偏光とする。

【００３２】その後、レーザ光を試料４の表面に入射角７０°で入射させる。このときの入射偏光方位を試料４の入射面から４５°の角度となるように調整する。試料面からの反射光は光周波数変調器としての光周波数シフタ（ＨＯＹＡ－ＳＣＨＯＴＴ社製，Ｓ－２１０）５を通過させる。試料４としては、シリコンウェハの表面に成膜した薄いシリコン酸化膜を用いる。試料の反射光は検光子であるグラントムソンプリズム６を通過した後、光検出器としてのシリコンフォトダイオード７に入射される。

【００３３】更に、シリコンフォトダイオード７で検出された光電流は電流電圧変換器（ケースレイ社製，４２８型）によって電圧に変換される。この電圧波形をストレージオシロスコープ１６で記録する。この記録した電圧波形をパーソナルコンピュータ１７に入力し、解析を

行う。

【００３４】この結果、（数８）から判るように、電圧波形は直流成分と交流成分とよりなり、試料挿入前後の交流成分の位相差を読み取ることにより、Δを２７０°と決定することができる。更に、交流信号成分の振幅と直流信号成分の比を求めることによりφを７４°と決定することができる。そして、通常のエリプソメトリの計算に従い、このφ及びΔよりシリコン酸化膜の厚さを１５０ｎｍと決定できた。

【００３５】

【発明の効果】以上説明したように本発明の第１の測定装置によれば、楕円偏光された光を偏光子によって直線偏光とし、これを試料および光周波数変調器に入射させ、これらから出射された光を検光子を通して光検出器にて検出し、かつ偏光子を回転させながら光検出器にて検出された交流信号の位相に基づいて試料の複屈折量を測定することにより、試料の複屈折を始めとする光学特性を測定することができる。これにより、半波長板が不要となり、測定する複屈折量の誤差を低減することができる。

【００３６】また、本発明の第１の測定装置は、楕円偏光された光を出射する光源に対して光軸回りに回転可能な偏光子と、偏光子からの光に対してＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器と、この光周波数変調器から出射される光の所定偏光方向の成分を透過させる検光子と、この検光子を透過された光を電気量として検出する光検出器と、この光検出器で検出された電気量の交流信号の位相を検出して所定の演算を行う手段とを備えることにより、光周波数変調器の前段或いは後段に介挿配置した試料の複屈折量を始めとする光学特性を高精度に測定することができる。

【００３７】ここで、光源を直線偏光のレーザ光を出射する周波数安定化レーザと、この出射されるレーザ光を円偏光とする１／４波長板とで構成することで、安定した楕円偏光を出力することができ、測定精度を高めることができる。また、偏光子をグラントムソンプリズムで構成することで、偏光度の高い偏光を得ることができ、半波長板のような位相精度による測定誤差が発生することはない。

【００３８】本発明の第２の測定装置によれば、楕円偏光の光を光周波数変調器を透過させ、透過された光を検光子を通して光検出器にて検出し、この光検出器にて交流信号の位相にを検出することで、楕円偏光の状態を解析することができる。

【００３９】また、本発明の第２の測定装置は、楕円偏光の光に対してＸ方向とＹ方向の偏光間にビート周波数の差を付ける光周波数変調器と、この光周波数変調器から出射される光の所定偏光方向の成分を透過させる検光子と、この検光子を透過された光を電気量として検出する光検出器と、この光検出器で検出された電気量の交流信号の位相を検出して所定の演算を行う手段とを備えることにより、楕円偏光の状態を解析することかできる。また、偏光子を付加することで、第１の測定方法を実行することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の測定方法と測定装置の基本構成を示す図である。

【図２】本発明の第２の測定方法と測定装置の基本構成を示す図である。

【図３】本発明の第１の測定装置の一実施例の構成を示す図である。

【図４】本発明の第１の測定方法による測定結果の一例を示す図である。

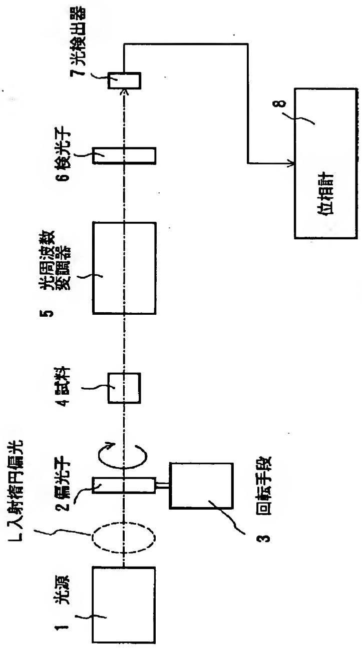
【図５】本発明の第２の測定装置を応用して第１の測定方法及び第２の測定方法を行う構成を示す図である。

【図６】従来の複屈性測定装置の一例の構成を示す図である。

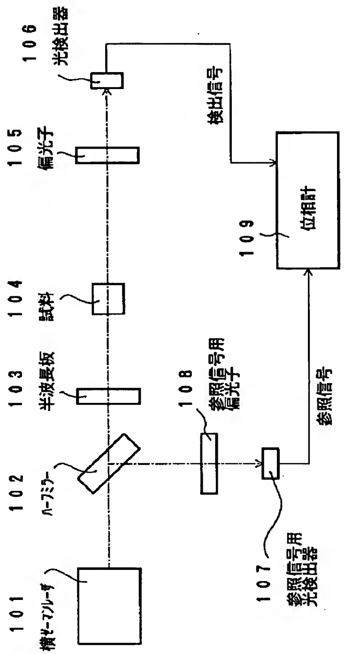
【符号の説明】

１　光源
２　偏光子
３　回転手段
４　試料
５　光周波数変調器
６　検光子
７　光検出器
８　位相計
１１　周波数安定化ＨｅＮｅレーザ
１２　１／４波長板
１３　コントローラ
１４　電流電圧変換器
１５　電圧計
１６　ストレージオシロスコープ
１７　パーソナルコンピュータ

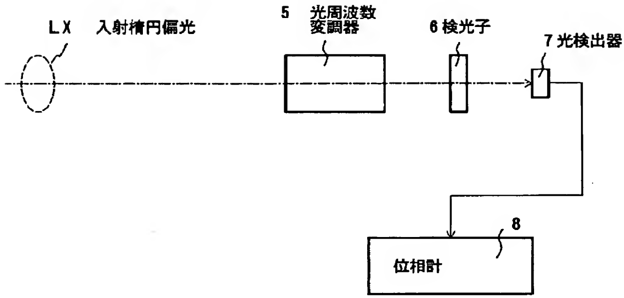
【図１】


1 光源
L 入射楕円偏光
2 偏光子
3 回転手段
4 試料
5 光周波数変調器
6 検光子
7 光検出器
8
位相計

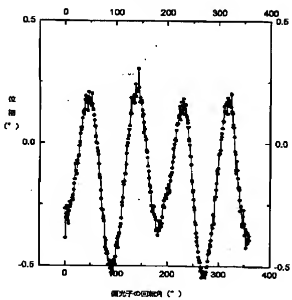
【図６】


101 横ゼーマンレーザ
102 ハーフミラー
103 半波長板
104 試料
105 偏光子
106 光検出器
107 参照信号用光検出器
108 参照信号用偏光子
109
位相計
検出信号
参照信号

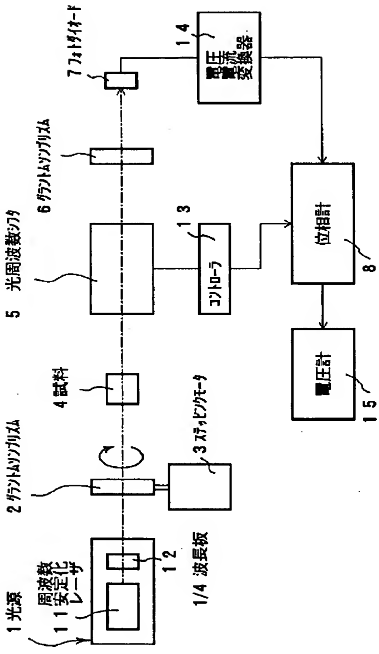
【図２】


LX　入射楕円偏光
5　光周波数変調器
6 検光子
7 光検出器
8
位相計

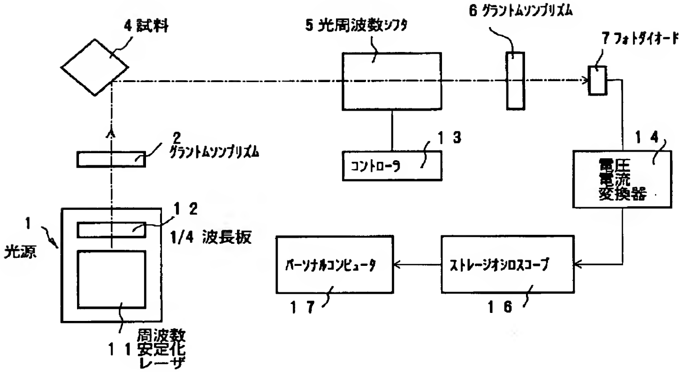
【図４】


0
100
200
300
400
0.5
0.0
-0.5
0.5
0.0
-0.5
0
100
200
300
400

【図３】


1 光源
1 1 周波数安定化レーザ
1 2
1/4 波長板
2 グラントムソンプリズム
3 ステッピングモータ
4 試料
5 光周波数シフタ
6 グラントムソンプリズム
7 フォトダイオード
1 3
コントローラ
1 4
電圧電流変換器
位相計
8
電圧計
1 5

【図５】


4 試料
5 光周波数シフタ
6 グラントムソンプリズム
7 フォトダイオード
2 グラントムソンプリズム
1 3
コントローラ
1 4
電圧電流変換器
1 2
1/4 波長板
1
光源
パーソナルコンピュータ
ストレージオシロスコープ
1 7
1 6
1 1 周波数安定化レーザ